

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010949696      \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1996-446646/199645

XRPX Acc No: N96-376280

**Optical system with diffraction elements for selecting monochromatic light beam from multiple wavelength beam - has diffraction element with relief pattern surface and wavelength selection element for maximum efficiency arranged in conjugated paraxial position**

Patent Assignee: OLYMPUS OPTICAL CO LTD (OLYU )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

| Patent No  | Kind | Date     | Applicat No | Kind | Date     | Week     |
|------------|------|----------|-------------|------|----------|----------|
| JP 8220482 | A    | 19960830 | JP 95230105 | A    | 19950907 | 199645 B |

Priority Applications (No Type Date): JP 94308836 A 19941213

Patent Details:

| Patent No  | Kind | Lan Pg | Main IPC      | Filing Notes |
|------------|------|--------|---------------|--------------|
| JP 8220482 | A    |        | 6 G02B-027/42 |              |

Abstract (Basic): JP 8220482 A

The optical system consists of an illuminating system (1) and an imaging lens system (3) with an object (2) placed inbetween. The imaging lens system has a diffraction element (11) The diffraction element divides a relief pattern surface (10) into a number of areas of different depths of groove. A hole diffraction element acts as single lens. The illuminating system has areas corresponding to each individual area in the relief pattern surface.

A beam of light penetrates a wavelength selection element (9). The light assumes a central wavelength which has maximum diffraction efficiency at the relief pattern surface. The relief pattern surface and the wavelength selection element are arranged in conjugated paraxial positions.

ADVANTAGE - Minimizes performance deterioration due to dependence of diffraction efficiency on wavelength. Prevents glare generation due to filtration of unnecessary light.

Dwg.1/9

Title Terms: OPTICAL; SYSTEM; DIFFRACTED; ELEMENT; SELECT; MONOCHROMATIC; LIGHT; BEAM; MULTIPLE; WAVELENGTH; BEAM; DIFFRACTED; ELEMENT; RELIEF; PATTERN; SURFACE; WAVELENGTH; SELECT; ELEMENT; MAXIMUM; EFFICIENCY; ARRANGE; CONJUGATE; PARAXIAL; POSITION

Derwent Class: P81

International Patent Class (Main): G02B-027/42

International Patent Class (Additional): G02B-003/08; G02B-005/18; G02B-005/22; G02B-005/28

File Segment: EngPI



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-220482

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

| (51)Int.Cl. <sup>6</sup>     | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|------------------------------|-------|--------|---------------|--------|
| G 0 2 B                      | 27/42 |        | G 0 2 B 27/42 |        |
|                              | 3/08  |        | 3/08          |        |
|                              | 5/18  |        | 5/18          |        |
|                              | 5/22  |        | 5/22          |        |
|                              | 5/28  |        | 5/28          |        |
| 審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁) |       |        |               |        |

(21)出願番号 特願平7-230105

(71)出願人 000000376

(22)出願日 平成7年(1995)9月7日

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(31)優先権主張番号 特願平6-308836

(72)発明者 石井 哲也

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

(32)優先日 平6(1994)12月13日

ンパス光学工業株式会社内

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(72)発明者 大橋 一司

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

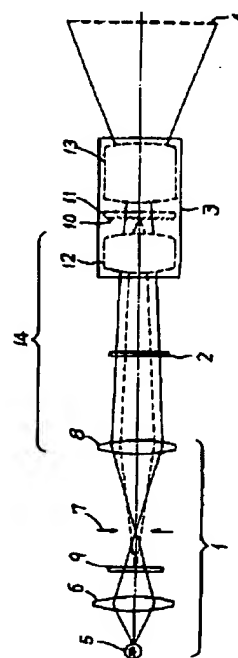
(74)代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54)【発明の名称】 回折光学素子を含む光学系

(57)【要約】

【課題】 回折効率の波長依存に伴う光学系の性能低下を低減し、不要次数光によるフレアの発生を有効に防止できる回折光学素子を含む光学系を提供する。

【解決手段】 レリーフ型回折光学素子11を含む結像レンズ系3と、照明光学系1とを有し、回折光学素子11は、そのレリーフパターン面10を、全体として一つのレンズとしての作用を有しつつ、複数の異なる波長の光で回折効率がそれぞれ最大となる複数の異なる溝深さの領域に分割し、照明光学系1は、レリーフパターン面10の各領域にそれぞれ対応する領域を有し、レリーフパターン面10の対応する領域における回折効率が最大となる波長を実質的に中心波長とする帯域光を透過させる波長選択性を有する波長選択素子9を具え、レリーフパターン面10および波長選択素子9を、これらの間に位置するレンズ系14に関して近軸的にほぼ共役位置関係となるように配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋸歯断面形状を有するレリーフ型回折光学素子を含む結像レンズ系と、照明光学系とを有し、

前記回折光学素子は、そのレリーフパターン面を、全体として一つのレンズとしての作用を有しつつ、複数の異なる波長の光で回折効率がそれぞれ最大となる複数の異なる溝深さの領域に分割して構成し、

前記照明光学系は、前記回折光学素子のレリーフパターン面の各領域にそれぞれ対応する領域を有し、前記レリーフパターン面の対応する領域における回折効率が最大となる波長を実質的に中心波長とする帯域光を透過させる波長選択性を有する波長選択素子を含え、

前記回折光学素子のレリーフパターン面および波長選択素子を、これらの間に位置するレンズ素子を含む光学素子を一つのレンズ系と見なしたとき、該レンズ系に関して近軸的にはほぼ共役位置関係となるように配置したことを特徴とする回折光学素子を含む光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、帯域光あるいは複数の波長で使用する回折光学素子を含む光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 回折光学素子、例えば、集光作用を有する回折レンズを用いる光学系には、従来の屈折レンズを用いる場合に比べて、以下のような特長を有することが知られている。

- ① 回折レンズによって非球面波を容易に生成できるので、収差補正上効果的である。
- ② 回折レンズは、実質的に厚みを持たないので、光学系をコンパクトにできると共に、設計の自由度を上げることができる。
- ③ 屈折レンズでいう分散特性に相当する量が、回折レンズでは負の値を持つので、屈折素子との組み合わせによって、色収差を効果的に補正することができる。

【0003】 このような回折レンズの特長を利用して、光学系の性能を向上させることに関しては、例えば、Binary Optics Technology; The Theory and Design of Multi-Level Diffractive Optical Element, Gary J. Swanson, Technical Report 854, MIT Lincoln Laboratory, August 1989. に詳しく記述されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、回折光学素子には、従来の屈折素子にはない多くの有用な特長があるが、他方では、回折効率が波長に依存するために、以下のような問題がある。例えば、光学系に適用する回折光学素子は、レンズ素子として利用する場合が多いが、このような用途においては、複数の回折光（複数の焦点）が存在するのは、一般に好ましくない。そこで、回折レンズでは、一般に、図7に示すように、使用

する波長で透明な基材に、断面形状が鋸歯波状のレリーフパターンを形成して、特定次数の回折光にエネルギーを集中させるようにしている。

【0005】 しかしながら、図7に示すように、断面形状を鋸歯形状に加工すると、その溝深さによってエネルギーを最大限に集中できる波長が異なるため、波長幅を有する帯域光のエネルギーを特定次数の回折光に集中させることができなくなる。このような現象は、例えば、レーザのような、単色と見なせる光を利用するような場合は問題とならないが、顕微鏡のように、白色光を利用する光学系においては無視できない問題となる。

【0006】 また、回折光学素子の有用な特徴の一つである色収差補正効果を実現する場合には、使用する波長が必然的に複数であるために、特定の波長の光で回折効率を最適化すると、その他の波長では回折効率が低下し、特に、可視帯域光で撮像する撮像光学系に適用した場合には、回折効率の波長依存によって多くの不要次数光が発生し、これによりフレアが生じるという問題がある。

【0007】 図8は、図7に示した断面形状を有する回折光学素子において、基材としてBK7を用い、レリーフパターンを、波長 $\lambda=510\text{nm}$ において1次回折効率が100%となるような溝深さで形成した場合の1次回折効率の波長依存特性を示すものである。図8から明らかなように、一般に可視波長領域と見なせる $\lambda=400\text{nm}$ から $\lambda=700\text{nm}$ において、回折効率は、最適化した波長 $\lambda=510\text{nm}$ から離れるに従って減少し、特に、短波長領域での低下が著しいことがわかる。このような所望次数における回折効率の低下は、不要次数光の増加として、光学系に悪影響を与えることになる。

【0008】 図9は、図8に示した回折効率の波長依存特性を有する回折光学素子について、0次回折効率①および2次回折効率②の波長依存特性をそれぞれ示すものである。図9から明らかなように、1次回折効率が低下すると、最適化波長よりも短波長側では2次回折効率が増加し、また、最適化波長よりも長波長側では0次回折効率が増加する。

【0009】 この発明は、上述した問題点に着目してなされたもので、回折効率の波長依存に伴う光学系の性能低下を低減し、不要次数光によるフレア等の発生を有効に防止し得るよう適切に構成した回折光学素子を含む光学系を提供することを目的とするものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、この発明の回折光学素子を含む光学系は、鋸歯断面形状を有するレリーフ型回折光学素子を含む結像レンズ系と、照明光学系とを有し、前記回折光学素子は、そのレリーフパターン面を、全体として一つのレンズとしての作用を有しつつ、複数の異なる波長の光で回折効率がそれぞれ最大となる複数の異なる溝深さの領域に分割し

て構成し、前記照明光学系は、前記回折光学素子のレリーフパターン面の各領域にそれぞれ対応する領域を有し、前記レリーフパターン面の対応する領域における回折効率が最大となる波長を実質的に中心波長とする帯域光を透過させる波長選択性を有する波長選択素子を具え、前記回折光学素子のレリーフパターン面および波長選択素子を、これらの間に位置するレンズ素子を含む光学素子を一つのレンズ系と見なしたとき、該レンズ系に関して近軸的にほぼ共役位置関係となるように配置したことを特徴とするものである。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】この発明において、波長選択素子の各領域は、例えば、可視域の光に対して、狭い波長範囲の光を透過する。しかも、波長選択素子および回折光学素子のレリーフパターン面は、これら間に位置するレンズ系に関して近軸的に結像関係となる位置の近傍に配置されるので、波長選択素子の各領域と、回折光学素子のレリーフパターン面の各領域とは、一対一に対応することになる。したがって、回折光学素子のレリーフパターン面の各領域には、所定の狭い波長範囲の光のみが入射することになる。

【0012】ここで、回折光学素子のレリーフパターン面の各領域は、入射する波長範囲の中心波長に対して回折効率が最大となる溝深さを有するので、波長幅による回折効率の低下を有効に低減することができる。したがって、結像レンズ系全体としての回折効率を大きく向上することができるので、不要な回折次数光による回折効率の波長依存に伴う光学系の性能低下を有効に低減でき、フレア等の発生を有効に防止することが可能となる。

【0013】なお、回折レンズを複数の領域に分割し、かつ、各領域に対応させてバンドパスフィルタを形成したものと、米国特許第5071207号明細書に記載されたものがある。この先行例では、回折レンズの各領域ごとに異なる波長の光を入射させ、それぞれの波長の光が同一の焦点距離を有するように、各領域ごとに周期構造のピッチを違えて設定している。これに対して、この発明では、上述したように、各領域ごとにレリーフパターン面の溝深さを違えて設定しており、先行例とは構成上明らかに相違する。

【0014】ここで、先行例において、各領域ごとにピッチを違えて設定するのは、要するに、回折レンズ単体での色収差を、実質的に除去するため、この発明におけるように、不要次数光の発生を低減するために、各領域ごとに溝深さを違えて設定するものとは、技術的背景が全く異なっていると共に、このような不要次数光の低減については、先行例では何ら考慮されていない。

【0015】また、先行例の構成は、各領域ごとに回折レンズの周期構造を変化させているため、実質的に各領域ごとに異なる回折レンズを結合したことに相当する。

つまり、各領域ごとに、設計的に全く異なる回折レンズを適用している。これに対して、この発明では、設計的に同一の回折レンズを適用しているため、例えば、屈折レンズを含む光学系に適用した場合でも、上述したように、不要次数光の発生を有効に低減することができるが、先行例の設計的に異なる回折レンズを適用した場合には、色収差は補正されても、不要次数光の低減については考慮されていないため、フレアが生じることになる。

10 【0016】以下、図面を参照してこの発明の実施の形態について説明する。図1は、この発明の基本的実施の形態を模式的に示すものである。この光学系は、照明光学系1により物体2を照明し、その像を結像レンズ系3を介して像面4に結像させる、一般的な結像光学系で、顕微鏡、スライドプロジェクタ、オーバーヘッドプロジェクタ、液晶ビデオプロジェクタ等の種々の光学機器に適用できるものである。

【0017】すなわち、顕微鏡に適用した場合には、物体2は観察標本となり、結像レンズ系3は対物レンズとなり、像面4に結像される像は、更に接眼レンズ（図示せず）を通して観察されるか、リレーレンズ（図示せず）を通してカメラ等に導かれる。また、スライドプロジェクタ、オーバーヘッドプロジェクタ、液晶ビデオプロジェクタに適用した場合には、物体2は、それぞれスライドフィルム、トランスベアレンシー原稿、液晶パネルであり、像面4はスクリーンとなる。

【0018】照明光学系1は、帯域光、例えば、可視の白色光を発する光源たるランプ5、コレクタレンズ6、このコレクタレンズ6に関してランプ5と共役位置にある開口絞り7、コンデンサレンズ8、領域分割された波長選択素子9等を有する。ここで、コンデンサレンズ8により、開口絞り7の像を結像レンズ系3の入射瞳に投影する構成とすると、いわゆるケーラー照明となる。この発明の実施においても、ケーラー照明とするのが好ましい。

【0019】波長選択素子9は、例えば、図2に示すように、分割した2つの領域9a、9bを有し、各領域毎に透過中心波長が異なる、すなわち、領域9aは波長 $\lambda_a$ を、領域9bは波長 $\lambda_b$ をそれぞれ中心波長とする狭い波長範囲の光を透過させるバンドパスフィルタ特性を持たせて構成する。このバンドパスフィルタ特性は、既知の手段、例えば、干渉フィルタあるいは吸収型カラーフィルタ等で容易に実現することができる。

【0020】結像レンズ系3は、少なくとも、同心円状のレリーフパターンが形成されたレリーフパターン面10を有する回折光学素子11を含んで構成する。なお、一般的には、結像レンズ系3は、収差補正上、回折光学素子11の他に、レンズ群12、13も含む。図1では、結像レンズ系3を、物体側から、レンズ群12、回折光学素子11およびレンズ群13を順次配列して構成

しているが、これらの配列は、結像レンズ系3の収差補正上の要請から決まるもので、図1に示す配列に限られない。したがって、場合によっては、レンズ群12、13は、いずれか一方の場合もあるし、さらに3群以上のレンズ群を設ける場合もある。

【0021】ここで、回折光学素子11のレリーフパターン面10は、波長選択素子9の領域分割に対応して領域分割し、各領域のレリーフパターン面の溝深さを、当該領域を通過する光の中心波長に対して、最大の回折効率が得られるように最適化する。ただし、パターン10の表面から見た構造、具体的には、リングピッチ分布は、領域分割に関係なく連続させる。すなわち、波長選択素子9が、図2に示したように、領域9a、9bに分割されている場合には、それに対応して、レリーフパターン面10を、図3に示すように、領域10a、10bに分割し、領域10aを波長 $\lambda_a$ に対して、領域10bを波長 $\lambda_b$ に対して、それぞれ最大の回折効率が得られるように溝深さを最適化する。

【0022】上記の波長選択素子9および回折光学素子11のレリーフパターン面10は、これら間に位置する光学素子、例えば、図1ではコンデンサレンズ8、レンズ群12および物体2を一つのレンズ系14と見なしたとき、該レンズ系14に関して近軸的にほぼ共役位置関係に配置する。なお、物体2は、一般には厚さの薄い平行平板と見なせるので、レンズ系14から無視しても差し支えない。また、レンズ系14は、一般的には、それ単独では収差補正されないが、実際上本発明の効果に影響するものではない。

【0023】このように、波長選択素子9およびレリーフパターン面10を、レンズ系14に関して近軸的にほぼ共役位置関係に配置することにより、レンズ系14によって波長選択素子9の領域9aの像をレリーフパターン面10の領域10aに、波長選択素子9の領域9bの像をレリーフパターン面10の領域10bに、それぞれ投影するようにする。

【0024】なお、波長選択素子9およびレリーフパターン面10の領域分割の仕方は、図2および図3に示したものに限らず、両者を対応させて任意の複数の領域に分割することができる。例えば、図4に示すように、波長選択素子9およびレリーフパターン面10を、3つの領域A、B、Cに拵目状に分割したり、図5に示すように、同心円状に分割することもできる。ただし、好ましくは、領域A、B、Cの各々の面積の総計は、互いにほぼ等しくする。

【0025】図6は、一般的に可視波長域とみなす波長幅 $\Delta\lambda$  (400nm~700nm)における光学系の回折効率の波長依存特性を示すものである。図6において、①は $\lambda_a=0.45\mu\text{m}$ で回折効率が最大となるようにレリーフパターン10の溝深さを最適化した場合を、②は $\lambda_b=0.53\mu\text{m}$ で同様に最適化した場合を、③は

$\lambda_c=0.62\mu\text{m}$ で同様に最適化した場合を示している。

【0026】この発明の一実施形態においては、図1に示す光学系において、波長選択素子9およびレリーフパターン面10をそれぞれ3つの領域A、B、Cに分割し、波長選択素子9においては、領域Aのバンドパスフィルタの透過中心波長を $\lambda_a=0.45\mu\text{m}$ 、透過波長幅を $\Delta\lambda_a$ 、領域Bについては透過中心波長を $\lambda_b=0.53\mu\text{m}$ 、透過波長幅を $\Delta\lambda_b$ 、領域Cについては透過中心波長を $\lambda_c=0.62\mu\text{m}$ 、透過波長幅を $\Delta\lambda_c$ とする。

【0027】また、レリーフパターン面10においては、領域A、BおよびCにおけるレリーフパターン面の溝深さを、対応する波長選択素子9の領域A、BおよびCの透過中心波長 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ および $\lambda_c$ で、それぞれ回折効率が最大となるように最適化する。この場合、各領域A、BおよびCの溝深さ $d_a$ 、 $d_b$ および $d_c$ は、例えば、基材の屈折率を1.52 (BK7の場合)とすると、 $d=\lambda/(n-1)$ から、 $d_a\approx 0.87\mu\text{m}$ 、 $d_b\approx 1.02\mu\text{m}$ 、および $d_c\approx 1.19\mu\text{m}$ となる。

【0028】このように構成すれば、波長選択素子9および回折光学素子11を通過する光は、対応する領域A、BおよびCのそれぞれにおいて、実質的に回折効率が100%となる波長近傍の光となるので、図6に太線で示すように、実質的に高い回折効率で回折されることになる。したがって、可視波長域全体に亘って回折効率の波長依存を有効に低減でき、不要次数光によるフレアの発生を有効に低減することができる。

【0029】なお、図6において、それぞれ2曲線の交わる境界波長 $\lambda_0$ は、2曲線のそれぞれの最適波長(回折効率が100%となる波長)を $\lambda_1$ および $\lambda_2$ とし、基材の屈折率の波長分散を無視すると、それらの最適波長の平均値、すなわち、 $\lambda_0=(\lambda_1+\lambda_2)/2$ で与えられる。したがって、 $\Delta\lambda_a$ と $\Delta\lambda_b$ との境界波長は、 $0.49\mu\text{m}$ となり、 $\Delta\lambda_b$ と $\Delta\lambda_c$ との境界波長は、 $0.575\mu\text{m}$ となる。

【0030】この発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、幾多の変形または変更が可能である。例えば、波長選択素子9および回折光学素子11のレリーフパターン面10のそれぞれの分割領域数が、例えば、図2および図3に示したように少ない場合には、像面4の任意の点、特に軸外像点において、各領域を通過する光束による像形成への寄与の割合が均等でなくなり、像面上で場所的な色むらが生じるおそれがある。このような場合には、波長選択素子9および回折光学素子11のレリーフパターン面10のそれぞれの分割領域の対応関係を保ったまま、これらを光軸を中心に高速に回転させることにより、色むらが時間的に平均化され、自然な色再現性を得ることができる。

【0031】また、波長選択素子9を光軸方向に移動可

能に構成することもできる。このようにすれば、結像レンズ系3を交換した場合でも、波長選択素子9を光軸方向に移動させることにより、波長選択素子9と回折光学素子11のレリーフパターン面10とを、レンズ系14に関して近軸的共役関係に保つことができる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、複数の波長、あるいは帯域光で使用する場合において、回折効率の波長依存に伴う光学系の性能低下を有効に低減することができ、したがって不要次数光によるフレアの発生を有効に防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態を示す図である

【図2】波長選択素子の一例の構成を示す図である。

【図3】回折光学素子の一例の構成を示す図である。

【図4】波長選択素子および回折光学素子の他の例の構成を示す図である。

【図5】同じく、さらに他の例を示す図である。

【図6】図1に示した光学系の回折効率の波長依存特性を示す図である。

【図7】従来の回折光学素子を示す断面図である。

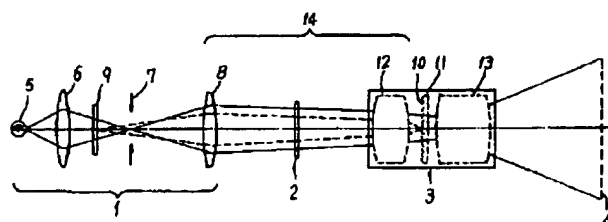
【図8】図7に示した回折光学素子における1次回折効率の波長依存特性を示す図である。

【図9】図7に示した回折光学素子における0次回折効率と2次回折効率との波長依存特性をそれぞれ示す図である。

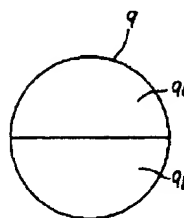
#### 【符号の説明】

- 1 照明光学系
- 2 物体
- 3 結像レンズ系
- 4 像面
- 5 ランプ
- 6 コレクタレンズ
- 7 開口絞り
- 8 コンデンサレンズ
- 9 波長選択素子
- 9 a, 9 b 波長選択素子の領域
- 10 レリーフパターン面
- 10 a, 10 b レリーフパターン面の領域
- 11 回折光学素子
- 12, 13 レンズ群

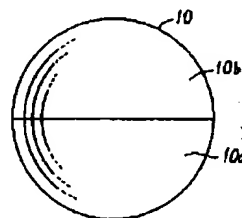
【図1】



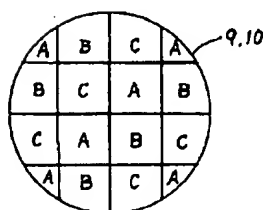
【図2】



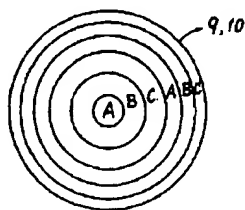
【図3】



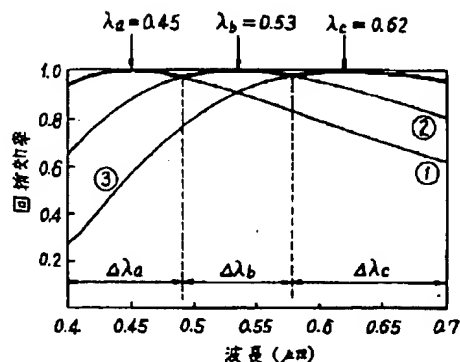
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】



